ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. **A. Haller** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai le vif regret de vous informer que notre Section des applications de de la science à l'industrie vient de perdre son premier titulaire, M. **Maurice Leblanc**, décédé samedi dernier, à l'âge de 66 ans.

Notre regretté confrère était avant tout un inventeur, sachant mettre au service de l'industrie un savoir étendu et profond, allié à une puissante imagination créatrice.

Il a fait bénéficier de ces dons précieux et la science électrique et la science mécanique.

Ses travaux sur les moteurs à courants alternatifs, sur la théorie des moteurs d'induction, sur les machines appelées « avanceurs de phase », sur les circuits amortisseurs, sur les alternateurs compounds, sur les transformateurs, sur les ondes entretenues utilisées dans la télégraphie sans fil, etc., le placent au premier rang parmi nos électriciens modernes.

Son ingéniosité s'est exercée avec un égal succès en mécanique. Il y débuta par des expériences effectuées à la Compagnie de l'Est sur le frein continu Achard. Abordant ensuite l'hydraulique, il se consacra à l'étude des pompes, des turbines et d'un transbordeur hydraulique destiné à la Compagnie de Panama.

Après de nombreux essais, M. Maurice Leblanc réalisa la construction d'une machine frigorifique à vapeur d'eau et à éjecteur, qui fut adoptée par

les marines française et russe, pour le refroidissement des soutes à munitions de leurs grands cuirassés.

Ces mêmes machines furent utilisées par les Messageries maritimes pour maintenir à — 10° les soutes à vivres des navires qui font le service du Japon en traversant la mer Rouge.

Ce rapide aperçu des inventions de notre regretté confrère ne donne qu'une faible idée de son labeur, de son ingéniosité et des services qu'il a rendus à nos industries mécanique et électrique.

Au nom de l'Académie, nous adressons à sa veuve et à sa belle famille l'expression de nos condoléances attristées et sympathiques.

La séance publique est levée en signe de deuil.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une maladie secondaire du Chêne causée par le* Polyporus (Phellinus) rubriporus. Note de MM. **J. Costantin** et **L. Dufour.**

Nous avons eu l'occasion d'observer, dans un district restreint de la Forêt de Fontainebleau ([1]), l'attaque d'un certain nombre de Chênes (*Quercus Robur*) par le *Polyporus* (*Phellinus*) *rubriporus* Quélet ([2]).

L'aire sur laquelle la maladie se manifeste s'étend au voisinage d'un sentier, sur une longueur de 300^m environ. Les arbres attaqués poussent presque constamment en groupes de 2 à 4 ([3]), se développant à partir d'une souche qui résulte d'une recépée ayant été faite depuis près d'un siècle.

La plupart des arbres rejetons qui se sont ainsi formés sont atteints de la même affection qui ne se retrouve pas dans les environs, en dehors de la surface contaminée mentionnée plus haut.

Il y a lieu de penser que la blessure faite autrefois sur la souche de l'ancien arbre, qui avait été rabattu, a dû constituer une porte d'entrée par laquelle

---

([1]) Le long de la route allant de la gare de Fontainebleau au village de Samois-sur-Seine.

([2]) Quélet, *Ass. fr.*, 1880, p. 9; *Flore mycol.*, 1888, p. 394. — Boudier, *Soc. bot.*, 1881, p. 92, t. 2, fig. 3 (*fusco-purpureus*) (Sologne, Saintonge). *Polyporus torulosus* Pers. — Patouillard, *Essai taxonomique sur les familles et genres des Hyménomycètes*, 1900, p. 97.

([3]) Rarement nous avons observé un arbre attaqué solitaire (venant de graines). Quélet dit : sur les souches des forêts ombragées, Chêne, Yeuse (Centre et Ouest, Pyrénées).

la pénétration du parasite et du mycélium résultant de la germination des spores a dû s'opérer. Le Champignon nuisible, dont la croissance a été très lente, a surtout envahi la partie inférieure des troncs, car c'est dans cette région que se trouvent presque toujours les fructifications. Elles apparaissent *tout à fait au voisinage du sol* ([1]) où elles forment des masses assez irrégulières ou des sortes de consoles, dépourvues de pied, parfois superposées les unes aux autres (en petit nombre d'ailleurs), mais très souvent disposées en un seul étage. Ces fructifications, parfois assez larges, rugueuses à leur face supérieure, brunes, mais avec un rebord plus pâle et jaune un peu rouillé quand la fructification est jeune. Les pores sont bruns, mais présentent un chatoiement très caractéristique, des reflets de teinte variée suivant l'incidence sous laquelle on les regarde.

On peut dire que la plupart des groupes d'arbres du district sont atteints du même mal, mais les caractères pathologiques sont assez variables. Par exemple, sur trente-deux arbres attaqués d'une manière plus ou moins intense, on peut distinguer les types suivants :

Premier cas. — La présence du *Polyporus*, cantonné à la base de la tige, est le seul caractère pathologique extérieur ([2]). Les arbres ainsi atteints ne paraissent pas autrement malades, car leur écorce est intacte, leurs feuilles et leurs branches sont normales, sans aucune altération.

Deuxième cas. — A côté de la fructification précédente, on observe une cavité inférieure, au voisinage du sol également. Ce trou existe soit sur la même tige que celle qui porte le Champignon, soit sur une autre tige de la même cépée. L'orifice du trou ainsi observé est parfois gros seulement comme le poing, mais ailleurs la cavité est énorme et plus large notablement qu'une tête d'homme.

Troisième cas. — Ce cas, dont nous n'avons observé jusqu'ici qu'un seul exemple, est celui où la fructification n'est plus localisée à la base du tronc. Sur ce pied, qui faisait exception à la règle ordinaire, il y avait des fructifications de *Polyporus* à 20^{cm}, 50^{cm} et $1^{m},50$ au-dessus du sol. Il s'agissait probablement d'un mycélium ayant une plus grande virulence, qui, par une vigueur inusitée de croissance, avait pu envahir la tige jusqu'à la hauteur d'un homme.

([1]) Le *Polyporus* (Ungulina) *annosus* Fries (*Trametes radiciperda* Hartig) attaque aussi les plantes à la base (collet et surtout racines), mais ce sont des résineux. Mentionnons le beau travail de Brefeld (*Unters. aus dem gesammt Geb. d. Mykologie*, t. 8, p. 155) (*Heterobasidion annosum*). Boudier dit : « Au pied des vieux troncs et des vieilles souches de Chêne, toute l'année mais végétant surtout en hiver et au printemps. Dans les forêts de Blois et de Russy, près de Blois, où il n'est pas très rare » (*loc. cit.*).

([2]) Il va de soi que si l'on abattait cet arbre on constaterait des troubles pathologiques internes qui n'apparaissent pas au dehors.

Quatrième cas. — L'altération ne se trahit pas par la présence de fructifications, mais seulement par une cavité basilaire, plus ou moins grande, qui met en évidence la décomposition du bois. Le fait peut tenir à ce que l'arbre est arrivé à limiter l'extension du mycélium parasitaire ou que les conditions de milieu du Chêne ont été incompatibles avec la formation de fructifications. Malgré cette absence de consoles fructifères externes, le mal n'était pas moins grave au point de vue de la valeur commerciale du bois.

Cinquième cas. — Chez un certain nombre d'arbres, la cavité trahissant l'attaque du tissu ligneux n'est pas localisée au voisinage du sol, mais se manifeste à une hauteur variable de 20^{cm} à 50^{cm}. Les trous qu'on aperçoit sur ces arbres ont des orifices de dimensions variables; parfois ces ouvertures sont très longues et s'élèvent jusqu'à 2^{m} au-dessus du sol.

Cette constatation est évidemment en accord avec le fait signalé dans le troisième cas ci-dessus : le parasite, en rongeant l'arbre, a étendu ses effets très loin du point de départ.

Dans les cavités ainsi creusées, surtout dans celles qui sont nettement au-dessus du sol, on voit très bien comment s'altère le bois, car il est transformé en une véritable poudre brun roussâtre, couleur d'un tabac plus ou moins foncé.

La présence du Champignon contribue donc à altérer profondément la partie ligneuse. Il en résulte des conséquences assez graves pour la solidité de l'arbre et pour la valeur industrielle du bois. Si la base de la tige est altérée, l'arbre peut s'abattre par les ouragans. L'exploitant qui s'aperçoit de la décomposition du pied est conduit à penser qu'il y a intérêt à hâter l'abatage pour arrêter les progrès de l'altération inférieure.

Au cours de quatre années d'observations, nous avons eu l'occasion de voir certains de ces arbres tombés naturellement ou sous la cognée dont la base était transformée en une poudre couleur de tabac sur une longueur plus ou moins grande; dans ce cas, au voisinage des parties tombées, on trouvait d'ordinaire sur le sol les fructifications détachées du *Polyporus rubriporus*.

Sur toute la surface de l'aire atteinte par le mal, on trouve des traces d'arbres abattus à des dates récentes ou éloignées et toutes les souches restées sur le sol sont encore des témoins de l'existence du parasite. En général, d'un seul côté, on voit un secteur où le bois est décomposé et la décomposition s'étend plus ou moins vers le centre où il y a une cavité. L'altération du bois est inégale; on distingue dans les parties détruites des lames orientées radialement qui ont persisté et qui correspondent aux rayons médullaires plus résistants que le parenchyme et les vaisseaux ligneux décomposés.

Une des particularités qui nous frappe, à la suite d'observations atten-

tives faites au cours de plusieurs années, c'est que le mal ne s'étend pas, il reste localisé. Cependant les spores du Champignon sont aptes à répandre le mal aux environs. Nous avons réalisé des cultures sur bois de Chêne ou sur brindilles de la même essence, en milieu stérilisé. Il se développe ainsi de petites croûtes ocracées et irrégulièrement limitées qui rappellent des aspects que nous avons pu observer sur le terrain, sur des brindilles de Chêne reposant sur le sol, dans le district étudié par nous.

Le parasite se propage, c'est infiniment probable, mais il ne pénètre que difficilement dans la plante vivante; il lui faut une blessure. Cette nécessité et l'extrême lenteur du développement rendent donc cette maladie peu redoutable. Il y a lieu de penser, par nos observations, que la zone forestière étudiée par nous a été contaminée il y a très longtemps, peut-être en une fois, et que le mal a fait peu de progrès depuis cette époque.

Delacroix et Maublanc ([1]) font allusion à ce parasite du Chêne auquel ils consacrent deux lignes, mais ni Prillieux ([2]), ni Soraner ([3]) ne le mentionnent. Parmi les espèces attaquant le Chêne, on signale le *Polyporus dryadeus*, *Polyporus ignarius*, *Polyporus sulfureus*.

M. d'Ocagne offre à l'Académie une brochure qu'il vient de faire paraître sous le titre : *Notions sommaires de Géométrie projective*, à l'usage des candidats à l'École polytechnique.

ÉLECTIONS.

Par 32 suffrages contre 1 à M. P. Villard, M. **Marcel Brillouin** est élu membre de la deuxième section de la commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques*, en remplacement de M. *J. Violle*.

Par l'unanimité des 28 suffrages exprimés, M. **A. Haller** est réélu membre de la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*.

([1]) Delacroix et Maublanc (*Maladies parasitaires des plantes cultivées*, 1909, p. 208) ont consacré deux lignes à cette espèce sur le Chêne sans description.

([2]) Prillieux, *Maladies des plantes agricoles* (1895). Les Polyporées sont traitées avec beaucoup de détails (p. 324 à 369).

([3]) Soraner, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten* (3e édition, t. 2, 1908, p. 386-389).

NOMINATIONS.

M. É. **Picard** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument aux Morts de la guerre qui aura lieu, à l'École centrale des Arts et Manufactures, le samedi 3 novembre prochain.

MM. **André Blondel**, **A. Rateau**, **Daniel Berthelot**, **Paul Janet** sont désignés pour représenter l'Académie à la Conférence internationale des grandes lignes de transport d'énergie électrique à très haute tension.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Compte rendu de la cérémonie d'inauguration à l'École nationale vétérinaire de Lyon du monument à S. Arloing et des bustes de L. Bredin, Ch.-J. Bredin, F. Lecoq, Ch. Cornevin*, par F.-X. Lesbre.

2° *Cours complet de mathématiques spéciales*, par J. Haag : tome I, *Algèbre et analyse;* tome II, *Géométrie;* tome III, *Mécanique;* tome IV, *Géométrie descriptive et trigonométrie;* chaque tome de cours accompagné d'un tome d'*exercices*.

M. **J.-B. Charcot** prie l'Académie de vouloir bien le comprendre au nombre des candidats à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par le décès de M. *Ch. de Freycinet*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Étude directe de la fonction $f(x)$ de Riemann.* Note de M. **Viggo Brun**, présentée par M. Hadamard.

La fonction $f(x)$, prise comme point de départ par Riemann dans ses recherches sur le nombre $\pi(x)$ de nombres premiers non supérieurs à x, est

$$f(x) = \pi(x) + \frac{1}{2}\pi(\sqrt{x}) + \frac{1}{3}\pi(\sqrt[3]{x}) + \ldots.$$

Dans l'*Intermédiaire des Mathématiciens*, 1922 (Question 5100), j'ai posé

la formule suivante :

$$(1)\quad f(x) = \left|x\right| - \frac{1}{2}\sum_{n=2}^{\infty}\left|\frac{x}{n}\right| + \frac{1}{3}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\left|\frac{x}{n.m}\right| - \frac{1}{4}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\sum_{r=2}^{\infty}\left|\frac{x}{n.m.r}\right| + \ldots,$$

où $\left|x\right|$ désigne le nombre de nombres entiers non inférieurs à 2 et non supérieurs à x.

En posant $x = 12$ nous avons, par exemple :

$$f(12) = \pi(12) + \frac{1}{2}\pi(\sqrt{12}) + \frac{1}{3}\pi\sqrt[3]{12}) = 5 + \frac{1}{2}.2 + \frac{1}{3}.1 = 6\frac{1}{3}$$

et

$$\left|12\right| - \frac{1}{2}\left(\left|\frac{12}{2}\right| + \left|\frac{12}{3}\right| + \left|\frac{12}{4}\right| + \left|\frac{12}{5}\right| + \left|\frac{12}{6}\right|\right) + \frac{1}{3}\left(\left|\frac{12}{2.2}\right| + \left|\frac{12}{2.3}\right| + \left|\frac{12}{3.2}\right|\right)$$
$$= 11 - \frac{1}{2}(5 + 3 + 2 + 1 + 1) + \frac{1}{3}(2 + 1 + 1) = 6\frac{1}{3}.$$

La formule (1) est trouvée par des considérations appartenant à la théorie des fonctions, mais j'en donnerai ici une démonstration directe et élémentaire.

Commençons par démontrer la formule suivante :

$$(2)\qquad f(x) - f(x-1) = 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \frac{1}{4}D_4(x) + \ldots,$$

où $D_2(x)$ désigne le nombre de manières de décomposer le nombre x en deux facteurs, supérieurs à 1, en comptant $a.b$ et $b.a$ comme deux manières; $D_3(x)$ désigne le nombre de manières de décomposer x en trois facteurs, etc.

La formule est évidente pour $x = p =$ nombre premier. Démontrons-la pour $x = p.x_0$ où $x_0 > 1$ ne contient pas le facteur premier p.

Supposons que x_0 se puisse écrire comme un produit de r facteurs

$$a_1.a_2.a_3\ldots a_r$$

de $D_r(x_0)$ manières, et comme un produit de $r-1$ facteurs

$$b_1.b_2.b_3\ldots b_{r-1}$$

de $D_{r-1}(x_0)$ manières.

Nous pouvons alors écrire $x = p\,x_0$ comme un produit de r facteurs et sous les formes suivantes :

$$\begin{array}{lcl} (a_1p).a_2.a_3\ldots a_r, & & p.b_1.b_2\ldots b_{r-1}, \\ a_1.(a_2p).a_3\ldots a_r, & \text{et} & b_1.p.b_2\ldots b_{r-1}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, & & \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_1.a_2.a_3\ldots(a_rp), & & b_1.b_2\ldots b_{r-1}.p, \end{array}$$

c'est-à-dire de $rD_r(x_0) + rD_{r-1}(x_0)$ manières, d'où suit que

$$(3) \qquad D_r(x) = r[D_r(x_0) + D_{r-1}(x_0)].$$

Cette formule est donnée déjà par A.-F. Möbius [1].

De là, nous déduisons

$$\begin{aligned} 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \frac{1}{4}D_4(x) + \ldots \\ = 1 - [D_2(x_0) + D_1(x_0)] + [D_3(x_0) + D_2(x_0)] - [D_4(x_0) + D_3(x_0)] + \ldots \\ = 1 - D_1(x_0) = 0 = f(x) - f(x-1) \end{aligned}$$

et la justesse de notre formule (2) est constatée dans ce cas.

On peut traiter le cas général $x = p^\alpha x_0$, où x_0 n'est pas divisible par p, d'une manière semblable en déduisant la formule suivante, analogue à (3),

$$(4) \qquad \begin{aligned} \frac{\alpha}{r}D_r(x) = D_r(y^{\alpha-1}x_0) + D_{r-1}(p^{\alpha-1}x_0) + D_r(p^{\alpha-2}x_0) \\ + D_{r-1}(p^{\alpha-2}x_0) + \ldots + D_r(x_0) + D_{r-1}(x_0), \end{aligned}$$

d'où nous déduisons

$$\begin{aligned} 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots \\ = 1 - \frac{1}{\alpha}[D_1(p^{\alpha-1}x_0) + D_1(p^{\alpha-2}x_0) + \ldots + D_1(px_0) + D_1(x_0)] \\ = 1 - \frac{1}{\alpha}[\alpha - 1 + D_1(x_0)] \\ = \frac{1}{\alpha}[1 - D_1(x_0)]. \end{aligned}$$

Si $x_0 > 1$, nous avons

$$D_1(x_0) = 1$$

et

$$1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots = 0 = f(x) - f(x-1).$$

Si, au contraire, $x_0 = 1$, c'est-à-dire $x = p^\alpha$, nous avons

$$D_1(x_0) = 0$$

et

$$1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \ldots = \frac{1}{\alpha} = f(x) - f(x-1),$$

et la justesse de (2) est constatée dans tous les cas.

---

[1] Voir *Journal de Crelle*, t. 9, 1832, ou *Werke*, IV, p. 600.

Enfin nous déduisons la formule (1) par sommation :

$$f(x) - f(x-1) = 1 - \frac{1}{2}D_2(x) + \frac{1}{3}D_3(x) - \frac{1}{4}D_4(x) + \ldots,$$

$$f(x-1) - f(x-2) = 1 - \frac{1}{2}D_2(x-1) + \frac{1}{3}D_3(x-1) - \frac{1}{4}D_4(x-1) + \ldots,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$f(2) - f(1) = 1 - \frac{1}{2}D_2(2) + \frac{1}{3}D_3(2) - \frac{1}{4}D_4(2) + \ldots;$$

$$(1)\quad f(x) = \left\{x\right\} - \frac{1}{2}\sum_{n=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n}\right\} + \frac{1}{3}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m}\right\} - \frac{1}{4}\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=2}^{\infty}\sum_{r=2}^{\infty}\left\{\frac{x}{n.m.r}\right\} + \ldots$$

en remarquant que

$$\sum_{\xi=2}^{x} D_2(\xi)$$

est le nombre de manières d'écrire les nombres, non inférieurs à 2 et non supérieurs à x, comme un produit de deux facteurs a, b, où a et b parcourent les valeurs 2, 3, 4, ...

La formule (1) est analogue à la suivante :

$$(5)\qquad \pi(x) - \pi(\sqrt{x}) + 1 = [x] - \sum_{p=2}^{P}\left[\frac{x}{p}\right] + \sum_{p=2}^{P}\sum_{q=2}^{P}\left[\frac{x}{p.q}\right] - \ldots,$$

où p, q, ... désignent des nombres premiers $p < q < \ldots \leqq P$ et où P désigne le nombre premier le plus grand, non supérieur à $\sqrt{x}$. J'ai étudié cette formule (5) dans un Mémoire : *Le crible d'Eratosthène et le théorème de Goldbach* (*Videnskapsselskapets skrifter*, Kristiania, 1920), et j'espère revenir sur ces questions dans un travail ultérieur.

CHRONOMÉTRIE. — *Détermination mécanique de la marche relative de deux pendules. Comparateur à moteur chronométrique.* Note [1] de M. **A. Guillet**, présentée par M. Bigourdan.

Comment déterminer à tout instant t, par voie mécanique, l'écart que présentent les tops donnés par deux vibrateurs P_1, P_2 battant pratiquement la même période T ?

---

[1] Séance du 22 octobre 1922.

M. G. Lippmann a indiqué [1] que si l'on savait produire une série auxiliaire de tops P, répondant aussi à la période T, dont on puisse déplacer arbitrairement et à volonté l'origine, il suffirait d'amener successivement en coïncidence les séries P, P_1; P, P_2, pour déduire de la translation correspondante τ des tops P dans le temps le décalage présenté par les tops des séries P_1, P_2.

La marche relative des deux vibrateurs serait alors manifestée par une courbe dont les points auraient pour coordonnées t, τ.

Le difficile est de trouver un moteur pouvant recevoir un mouvement de rotation uniforme. Cette condition étant réalisée et la durée du tour réglée sur la période T, on produirait aisément la série des tops de comparaison P en chargeant le moteur de fermer un contact à chaque tour. On obtiendrait le déplacement de l'origine des tops en rendant l'un des pôle a du contact solidaire de l'axe du moteur et l'autre pôle b solidaire d'un disque ou d'un bras alidade pouvant tourner à volonté et d'une manière indépendante autour de ce même axe.

Dans le *comparateur de marche* construit selon mes plans, pour répondre aux instances de M. Bigourdan, directeur du Bureau international de l'Heure, le mouvement de rotation est fourni par un moteur chronométrique [2]. Une petite équerre, fixée à la périphérie de l'une des roues dentées et perpendiculairement à son plan, porte l'un des pôles a, a' des deux contacts c, c' que comporte l'appareil; les deux autres pôles b, b' de ces contacts sont disposés suivant l'une des génératrices de deux disques D, D' que des boutons δ, δ' et des engrenages convenables permettent de faire tourner à volonté et séparément d'angles quelconques. Il est ainsi facile d'*avancer* ou de *retarder* le jeu de l'un des contacts puisqu'il suffit pour cela de faire tourner le disque qui lui correspond dans le sens opposé ou dans le même sens que le système des roues dentées.

La division en mille parties égales tracée à la périphérie sur l'une des faces du disque D a son zéro en regard du contact b; d'autre part, deux fenêtres diamétralement opposées pratiquées dans le disque D' et bissectées chacune par un fil servant d'index, disposé suivant le rayon passant par b, permettent de lire l'écart angulaire présenté à tout instant par les deux pôles b et b'.

La manière d'opérer est fort simple :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1458.
(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 741.

a. Deux observateurs intervenant en même temps, le premier à l'aide du contact c et le second à l'aide du contact c' établissent simultanément les coïncidences P, P_1; P, P_2 en agissant respectivement sur les boutons δ, δ'.

Si Θ est la période des tops P, et φ la fraction de la circonférence définie sur le cercle divisé par les positions qu'occupent les pôles voyageurs b et b', l'écart τ des tops P_1, P_2 a pour mesure à l'instant t de la double coïncidence

$$\tau = \varphi . \Theta.$$

b. Si, au préalable, on s'est donné la peine de disposer les masses mobiles du diapason de façon que la coïncidence entre les tops des vibrateurs à comparer et les tops des contacts c ou c' se maintiennent pendant une durée de l'ordre de celle qui est nécessaire à l'établissement des coïncidences successives P, P_1; P, P_2, un seul opérateur suffit, et même un seul contact, celui du disque D' si, le cercle divisé étant fixe, on fait la lecture des positions de b' lors des coïncidences successives P, P_1; P, P_2.

c. Dans le cas d'un accord seulement approché, il est encore possible d'opérer correctement seul. On établira d'abord la coïncidence P, P_1 à l'époque arbitraire t_0, puis la coïncidence P, P_2 à l'époque $t_0 + t$, et on lira la course angulaire correspondante γ du pôle b. On rétablira ensuite la coïncidence P, P_1 et on la maintiendra jusqu'à l'époque $t_0 + 2t$; si γ' est alors la course du pôle b, $\gamma_1 = \frac{\gamma + \gamma'}{2}$ est évidemment l'angle qu'aurait donné un appareil parfaitement réglé. Ainsi se trouve corrigé l'effet de l'inégalité des périodes T et Θ. Si l'on prend le soin de noter les époques t_1 et t_2 des deux coïncidences l'écart ε se calcule d'ailleurs aisément en faisant état de la valeur du rapport T : Θ préalablement déterminé.

La précision sur l'écart τ, présenté à l'instant t par les deux vibrateurs P_1, P_2, dépend de la précision des pointés des deux coïncidences qui le déterminent. Tout revient, en définitive, à constater, au téléphone par exemple, *la simultanéité de deux tops*. En utilisant des tops très brefs et identiques, cette précision est grande en raison du merveilleux *pouvoir séparateur* de l'oreille. Le rapport de la largeur du contact à la circonférence du disque mesure, en fait, l'erreur possible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'allotropie dynamique de l'iodure mercurique.* Note de M. A. **Damiens**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

M. A. Smits a développé au cours des dernières années une théorie nouvelle de l'allotropie, qu'il a exposée avec détails dans un important ouvrage récemment traduit en langue française ([1]). Cette théorie, dite dynamique, a été rapidement adoptée par plusieurs savants ([2]).

Elle admet en principe qu'une phase solide cristalline d'un corps quelconque peut être constituée par plusieurs espèces de molécules en équilibre. Il s'ensuit que les constantes physiques varient pour un même corps avec les traitements qu'ont subis les échantillons examinés par suite de phénomènes de trempe. Ces conséquences sont très importantes : elles privent en effet le chimiste d'un moyen classique de définir les corps simples ou composés et de reconnaître leur pureté.

Nous avons eu l'occasion de montrer dans un travail récent sur le tellure ([3]) que l'application de la théorie de l'allotropie dynamique faite à ce corps par MM. Cohen et Kröner ne nous paraissait pas justifiée. Il était dès lors intéressant de reprendre l'étude des produits pris comme exemples par M. Smits lui-même, et particulièrement de l'iodure mercurique ([4]).

On sait que l'iodure mercurique se présente sous deux modifications, l'une rouge, stable au-dessous de 127°, et l'autre jaune, stable au-dessus de ce point de transformation. On constate que, si l'on chauffe ce corps sous sa forme rouge, sa coloration devient de plus en plus foncée à mesure que la température s'élève; il prend la forme jaune à 127°, et la teinte de celle-ci devient de plus en plus orangée à mesure que l'on approche du point de fusion. Le liquide obtenu est rouge.

Pour expliquer ces faits, M. Smits considère qu'il existe deux molécules différentes d'iodure mercurique α et β.

Les deux modifications rouge et jaune sont des cristaux mixtes en équilibre interne. La modification rouge, par exemple, est riche en molécules

---

([1]) A. Smits, *La théorie de l'allotropie*, trad. Gillis (Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, 1923).

([2]) Cohen, Nombreuses publications in *Zeits. f. Phys. Chem.* — Williams Lewis, *Traité de Chimie physique*, t. 2, 1921, p. 263 (Masson, éditeur).

([3]) A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1344 et 1548.

([4]) Smits et Bokhorst, *Zeits. f. Phys. Chem.*, t. 89, 1914, p. 365 et 374.

d'espèce β, la modification jaune riche en molécules α, le liquide rouge riche en molécules β.

Sans chercher à discuter maintenant les diagrammes assez complexes auxquels aboutit M. Smits et qui sont constitués par des courbes dont les orientations n'ont qu'une valeur qualitative, on peut remarquer que l'interprétation donnée est en contradiction avec la loi du déplacement de l'équilibre. Au point de transformation, l'équilibre se déplace en effet dans le sens d'une plus forte concentration en α (jaune); au point de fusion au contraire, dans le sens d'une plus forte concentration en β (rouge). Or, la transformation de la variété rouge en jaune, et la fusion de la variété jaune sont deux phénomènes endothermiques.

Les plus récentes expériences entreprises par MM. Smits et Bokhorst ont consisté à chauffer de l'iodure mercurique jaune à différentes températures supérieures au point de transformation, à le tremper à la température de l'air liquide, et à l'observer après retour à la température ordinaire. Ils ont constaté que la vitesse d'apparition de la phase rouge et celle de la transformation complète en rouge sont d'autant plus grandes que la masse a été refroidie à partir d'une température plus élevée. Si la température d'origine est égale ou supérieure à 244°, le produit présente instantanément des taches rouges, qui se développent ensuite rapidement. Ils voient là une confirmation de la théorie parce que, d'après eux, l'équilibre dans les cristaux jaunes se déplaçant par élévation de température dans le sens d'une plus forte concentration en variété β (rouge), la trempe fait apparaître cette phase rouge d'autant plus rapidement que les cristaux mixtes primitifs étaient plus riches en cette variété β.

Nous avons répété les expériences de MM. Smits et Bokhorst et en avons pleinement vérifié l'exactitude, dans certaines conditions. Mais en poursuivant l'étude, nous avons fait des constatations qui conduisent à modifier absolument l'interprétation donnée aux phénomènes.

Les faits observés ne sont conformes aux indications précédentes que si l'on utilise comme matière première de l'iodure mercurique rouge tel que celui du commerce, obtenu par précipitation : c'est une poudre très ténue, d'apparence amorphe ou microcristalline.

Si l'on répète les expériences en employant un produit qui a été fondu, les observations sont très différentes. *Dans tous les cas, quelle que soit la température de chauffe, même quand cette température est à peine supérieure au point de transformation, à* 135° *par exemple, le produit trempé est entièrement rouge, presque instantanément.*

On peut faire la même remarque en employant des lamelles d'iodure mercurique sublimé, c'est-à-dire formé de cristaux assez volumineux.

Ce n'est donc pas la température à laquelle le produit jaune a été porté qui influe sur la vitesse de formation des germes rouges et sur celle de leur développement. Ces vitesses sont d'autant plus élevées que les fragments sont plus volumineux.

Une preuve certaine de cette conclusion réside dans l'observation suivante : si l'on fait l'un des essais de MM. Smits et Bokhorst à partir d'une substance pulvérulente, on peut constater que celle-ci a acquis des propriétés nouvelles au cours de l'essai ; en répétant l'expérience, on note des vitesses de transformation plus élevées. La raison en est que, dès 150°, l'iodure mercurique est volatil, sa volatilisation devient rapide vers 190°, et par suite de cette volatilité, les cristaux peuvent grossir dans la masse en expérience, comme il est facile de s'en rendre compte en les examinant au microscope.

La température de 190° est précisément celle où MM. Smits et Bokhorst ont pu commencer à mesurer des vitesses de transformation.

Les faits observés par nous ne permettent donc pas d'admettre l'interprétation très particulière adoptée par MM. Smits et Bokhorst ni de voir dans les caractéristiques présentées par l'allotropie de l'iodure mercurique une confirmation d'une théorie de l'allotropie autre que la théorie classique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la lumière sur les électrodes de métaux à faible tension de dissolution.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

En 1919, dans son Mémoire *Matière et Lumière*, M. Jean Perrin avait indiqué que la lumière, indépendamment de ses actions photochimiques, devait intervenir dans beaucoup de phénomènes physiques. J'ai montré [1], depuis, qu'elle était susceptible d'accélérer ou de retarder le processus d'évolution des suspensions et de déplacer les équilibres d'adsorption d'ions. Il était donc naturel de penser qu'elle dût modifier le potentiel électrolytique d'un métal.

E. Becquerel [2], le premier, a montré que des électrodes de cuivre, d'argent ou d'étain, sulfurées, oxydées, chlorurées, bromurées, iodurées ou

(1) R. Audubert, *Annales de Physique*, septembre 1922.

(2) E. Becquerel, *Annales de Chimie et de Physique*, t. 9, 1843.

fluorurées, sont sensibles à l'action de la lumière; il avait même signalé que des électrodes d'or ou de platine donnaient lieu à un effet d'autant plus faible que l'électrode était plus soigneusement nettoyée, mais il en avait conclu que l'effet photovoltaïque était dans ce cas dû à des impuretés organiques adhérentes au métal et qu'il ne devait pas exister avec des surfaces tout à fait propres.

Plus tard, M. Buisson (¹) a indiqué que la différence de potentiel entre un métal et un électrolyte est modifiée quand le métal est plongé dans le liquide après avoir été soumis à l'action des rayons ultraviolets.

Afin de voir s'il y avait une action de la lumière sur des électrodes de métaux purs, je me suis d'abord adressé au platine et à l'or avec lesquels il est possible d'obtenir par décapage et nettoyage des surfaces tout à fait propres. L'expérience montre que ces métaux, indépendamment de leur degré de propreté, sont effectivement sensibles à l'action de la lumière; l'argent, le cuivre et le mercure possèdent la même propriété.

Deux lames étaient plongées dans un électrolyte et réunies à un circuit de mesure; l'une d'elles était éclairée par un faisceau condensé de lumière émis soit par un arc, soit par une lampe de tungstène-azote 2500 B.; ce faisceau était filtré au moyen d'un verre à l'oxyde de cuivre ou d'une solution de sulfate de cuivre ammoniacal afin de déterminer les actions comparées des radiations rouges et des radiations bleues-violettes. Pour éviter la formation d'une pile locale, la lame éclairée était, sur sa face postérieure, recouverte d'une couche isolante (paraffine, gomme laque, vernis synthétique) (²). Dans d'autres cas le dispositif d'exposition était constitué par un tube en H, le fond des deux branches étant formé par les lames-électrodes mastiquées au golaz. Les métaux étudiés étaient employés à l'état pur; dans certaines expériences, l'or, l'argent et le cuivre ont été précipités sur l'électrode par voie électrochimique. L'action de la lumière a été examinée en présence des électrolytes suivants : HCl, SO^4H^2, NO^3H, NO^3Ag, $AuCl^3$, KCl, NO^3K, SO^4K^2, $NaCl$, NO^3Na, SO^4Na^2, SO^4Zn, $ZnCl^2$, $Zn(NO^3)^2$, $BaCl^2$, $(NO^3)^2Ba$, SO^4Cu, NO^3Cu, $NiCl^2$, NO^3Ni, $FeSO^4$, $FeCl^3$, $Fe^2(SO^4)^3$.

Les mesures sont délicates, d'abord, parce que les forces électromotrices photovoltaïques sont faibles (6 à 50.10^{-6} volt) et souvent instables; ensuite, parce que l'intensité de l'effet varie légèrement avec l'état de polarisation de l'électrode, et il est assez rare, dans des conditions identiques, de retrouver toujours la lame dans un même état de polarisation. Deux électrodes d'un même métal, en effet, plongées dans un électrolyte, présentent toujours entre elles une différence de potentiel due à des phénomènes parasites: occlu-

---

(¹) H. Buisson, *Journal de Physique*, 3e série, t. 10, 1901.

(²) Cette précaution est loin d'être inutile; grâce à elle en effet, l'intensité de l'effet obtenu est notablement accru.

sions gazeuses, modification superficielle (cristallisation ou orientation des atomes sous l'action d'une légère électrolyse); en court-circuitant pendant un temps suffisamment long, on atténue cette dissymétrie, mais le plus souvent une polarisation résiduelle persiste, de sens et d'intensité variables, le plus souvent de l'ordre de 10^{-5} volt, mais pouvant atteindre 10^{-4} : elle est alors peu gênante, car, pour des valeurs aussi faibles, son action sur l'effet photovoltaïque est peu appréciable. Les déviations qui correspondent à l'effet étudié se mesurent, bien entendu, à partir de la déviation initiale imposée par la polarisation quelle qu'elle soit.

Au point de vue qualitatif, les résultats sont les suivants :

Indépendamment de l'électrolyte, la surface éclairée fonctionne toujours comme anode pour le platine, le cuivre et le mercure, et toujours comme cathode pour l'or et l'argent.

Cette règle ne s'applique plus quand des actions secondaires se manifestent (décomposition photochimique de l'électrolyte ou altération de l'électrode).

En particulier, en présence de sels ferreux ou ferriques, une lame de platine éclairée prend un potentiel correspondant à $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + \Theta$ ou à la transformation inverse suivant qu'il y a oxydation ou réduction. Dans le cas de l'oxydation, par exemple, l'électron libéré dans la couche de passage, par suite du mécanisme précédent, est instantanément capté par l'électrode qui se charge ainsi négativement; dans le cas d'une réduction c'est l'électrode qui cède au contraire un électron.

De même l'argent présente en solution chlorhydrique une anomalie qui, nous le verrons, résulte vraisemblablement de la formation d'une pellicule de chlorure d'argent.

Au point de vue quantitatif on peut préciser les points suivants :

Dans tous les cas, les radiations bleues sont beaucoup plus actives que les radiations rouges; les sensibilités des métaux étudiés à l'égard de ces dernières varient en sens inverse des tensions de dissolution. Il semble exister pour chaque métal un seuil d'excitation qui se déplace vers les fréquences élevées quand on considère des éléments de plus en plus électropositifs.

L'effet varie peu avec l'électrolyte, il est indépendant de l'anion; aux erreurs d'expériences près, il semble d'autant plus faible que le cation possède une tension de dissolution plus élevée [1].

En définitive, l'existence pour un métal déterminé d'un effet spécifique

---

[1] Ce résultat est particulièrement net pour le platine.

permet de penser que le phénomène prend naissance dans la couche de passage où se localisent les transformations électrochimiques. D'autre part, la faible influence de la nature du cation conduit à supposer que deux effets doivent se superposer : un premier attribuable au métal même de l'électrode, un second, beaucoup moins important, dû à la couche de cations adsorbés par la lame avec une intensité liée à la tension de dissolution de ce cation; d'autre part, l'influence régulière de ce dernier élimine indiscutablement l'hypothèse que le phénomène serait dû à des impuretés adhérentes à la lame.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des acides sulfonitriques et sulfonitreux.* Note de M. **André Graire.**

On détermine en général par le procédé au nitromètre l'azote total des acides sulfonitriques ou sulfonitreux. Toutefois, si les combinaisons azotées sont entièrement à l'état de trioxyde N^2O^3, on peut effectuer le dosage à l'aide d'une liqueur titrée de permanganate. Par contre, si elles sont entièrement à l'état de pentoxyde N^2O^5, on préconise parfois l'emploi d'une solution titrée de SO^4Fe. Dans ce cas l'acide sulfonitrique, neutre au permanganate, est additionné d'un volume connu d'une liqueur sulfurique titrée de sulfate ferreux. On chauffe ensuite à l'ébullition, sous courant de gaz carbonique, jusqu'à dégagement complet du bioxyde, et on titre l'excès de sulfate non oxydé, au moyen du permanganate.

Tous ces procédés présentent, dans la pratique courante, de nombreux inconvénients :

1° La concentration de l'acide sulfurique doit être bien déterminée. Elle est de 90-92 pour 100 pour la méthode au nitromètre. Elle est légèrement inférieure à ce titre pour la méthode au sulfate ferreux. Elle doit être nettement plus faible pour la méthode au permanganate, l'oxydation de l'acide nitrosylsulfurique n'ayant pas lieu en solution sulfurique concentrée. Dans ce dernier cas pourtant, le *modus operandi* de Lunge, qui consiste à verser l'acide sulfonitreux dans le permanganate jusqu'à décoloration de celui-ci, permet d'éliminer cette difficulté.

2° Les méthodes qui utilisent les liqueurs titrées ne peuvent s'appliquer qu'à des acides où les composés de l'azote ont un degré d'oxydation bien déterminé. Elles ne peuvent, en particulier, servir au dosage de l'azote total dans les mélanges complexes sulfonitriques ou sulfonitreux qui ont dissous du bioxyde d'azote. Il est alors nécessaire de peroxyder les acides et les oxydes à l'état d'acide nitrique et de doser celui-ci par le sulfate ferreux.

3° Enfin aucune des trois méthodes indiquées n'est applicable avec des acides

impurs, tenant en solution des sels métalliques ou des gaz réducteurs. L'acide sulfurique préparé par grillage des blendes ou des pyrites arsenicales contient en général, à côté des produits nitrés, de l'acide sulfureux, de l'acide arsénieux, du sulfate ferreux, du sulfate de cuivre, etc.

Tous ces corps influent, à des degrés divers, sur l'exactitude des dosages.

La méthode au permanganate est inutilisable dans tous les cas, chacune des impuretés signalées faussant les résultats. La méthode au sulfate ferreux ne peut être envisagée que lorsque les acides ne contiennent pas de fer, soit à l'état de sulfate, soit à l'état d'oxyde (cendres de pyrites en suspension).

L'analyse au nitromètre des acides sulfoazotés impurs est également impossible. On sait en effet que le bioxyde d'azote forme avec un grand nombre de solutions salines (sulfate de cuivre, chlorure ferreux, sulfate ferreux, phosphate ferreux) des composés complexes, stables ou instables. Il s'ensuit que, si l'on introduit dans le nitromètre un acide ferreux ou cuivreux, une certaine quantité de bioxyde restera combinée à l'état de sel complexe de fer (rouge) ou de cuivre (violet).

La formation et la stabilité des complexes dépend de la pression, de la concentration et de la température; mais, dans les conditions usuelles de l'analyse au nitromètre, l'acide est en général trop concentré et la température trop basse pour que la décomposition de ces sels puisse être complète.

Une certaine quantité de gaz NO se dégage donc, une autre partie restant en solution, combinée au métal. C'est ce qu'on peut mettre en évidence de la manière suivante :

On chasse peu à peu du nitromètre, par le tube d'évacuation latéral, le gaz NO, jusqu'à amener l'acide au niveau de la partie supérieure de l'appareil. Puis on fait écouler cet acide goutte à goutte dans une solution de permanganate de potasse, maintenue en agitation. L'oxydation du bioxyde et des sels ferreux et mercureux est complète. On obtient donc ainsi, en solution nitrique, tous les oxydes et acides d'azote qui n'avaient pu être décelés volumétriquement. En traitant cette solution par le chlorure ferreux, dans le flacon d'un appareil Schlœsing, l'acide nitrique est à nouveau réduit et fournit, par dégagement sur une cuve à eau, une nouvelle quantité de bioxyde d'azote.

Si l'on a opéré avec un acide de titre nitreux connu, on trouve que la somme des volumes (à 0° — 760^{mm}) dégagés au nitromètre et sur la cuve Schlœsing, correspond à la teneur exacte de l'acide considéré.

Il résulte donc de ce qui précède que le dosage des produits azotés dans les acides sulfuriques industriels, et dans les acides du commerce, ne peut

être effectué par aucune des méthodes examinées, ces méthodes conduisant soit à des phénomènes de réduction, soit à la formation de sels complexes de bioxyde d'azote. Par contre la méthode au chlorure ferreux (ou méthode de Schlœsing) donne, pour le dosage des acides et des oxydes de l'azote, des résultats d'une précision satisfaisante pour les besoins de la pratique courante.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'amidure de sodium sur les chlorures dérivant d'une aldéhyde et d'une cétone par l'emploi du pentachlorure de phosphore.* Note de M. **Bourguel**, présentée par M. Haller.

Les dichlorures que l'on obtient par l'action de PCl^5 sur les aldéhydes ou sur les cétones ont été souvent employés comme point de départ dans la préparation des carbures acétyléniques vrais. Cela est surtout avantageux quand aldéhyde ou cétone sont des produits naturels.

Le traitement par la potasse d'un de ces chlorures nécessite une très longue chauffe soit en tubes scellés avec la potasse alcoolique à 120°, soit en tubes de fer à 200° avec la potasse sèche, opérations longues et pénibles dont le résultat n'est pas très satisfaisant, surtout dans le cas des cétones où le carbure substitué est le produit principal. C'est ainsi que le traitement de la méthyl-*n*-propylcétone donne un mélange de pentines, inséparables par distillation, bouillant de 45° à 55°, alors que le carbure vrai bout à 40°, le substitué à 55° ; que la méthyl-*n*-butylcétone donne un mélange bouillant de 80° à 85°, alors que l'hexine vrai bout à 70°, l'hexine substitué à 83°.

J'ai essayé sur ces chlorures l'amidure de sodium qui m'avait si bien réussi avec divers bromures. Les résultats ont été concluants : entre 100° et 130°, en suspention dans le xylène ou le toluène, l'amidure de sodium enlève 2^{mol} d'acide chlorhydrique et donne le carbure acétylénique vrai et pur, avec un rendement d'environ 60 pour 100.

Comme aldéhyde j'ai pris l'œnanthol, qui traitée par PCl^5 donne les deux chlorures $C^5H^{11}CH^2-CHCl^2$ et $C^5H^{11}CH=CHCl$. Ces deux chlorures ont été séparés, purifiés soigneusement et traités séparément. Tous deux ont donné un heptine bouillant de 99° à 100°,5, c'est-à-dire l'heptine normal vrai seul (l'heptine substitué bout à 112°, l'heptine vrai régénéré de sa combinaison cuprique à 99°).

La cétone dont je suis parti est la méthyl-*n*-propylcétone

$$C^3H^7-CO-CH^3.$$

Je me suis attaché à faire réagir l'amidure sur un corps bien défini

$$C^3H^7 - CCl^2 - CH^3.$$

Or il ne semble pas que ce dernier composé ait été jusqu'ici isolé. Bruylants qui le premier a traité cette cétone par PCl^5 indique que le dichlorure se décompose à la distillation et que l'on arrive finalement au chlorure éthylénique $C^3H^7 - CCl = CH^2$ dont le point d'ébullition est, dit-il, 95°-97°. D'autres auteurs mentionnent sans préciser un dichlorure bouillant dans l'intervalle d'une dizaine de degrés.

En employant les précautions indiquées plus loin j'ai isolé deux corps du produit brut de l'action du pentachlorure de phosphore sur la cétone.

1° 35 pour 100 d'un éthylénique monochloré $C^2H^5 - CH^2 - CCl = CH^2$ (ou bien $C^2H^5 - CH = CCl - CH^3$) bouillant à 88°-89° sous 760^{mm}, de densité $d_{24} = 0,903$, d'indice $\eta_D^{24} = 1,421$, contenant 34,4 pour 100 de chlore; calculé 33,7 pour 100.

2° 30 pour 100 d'un dichlorure $C^2H^5 - CH^2 - CCl^2 - CH^3$ bouillant à 36°-37° sous 20^{mm}, à 128°-129° (corrigée) sous 760^{mm}, sans décomposition sensible, de densité $d_{20} = 1,040$, d'indice $\eta_D^{20} = 1,434$, contenant 49,7 pour 100 de chlore; calculé 50,3 pour 100.

Ce n'est pas, comme le pensait Bruylants, lors de la distillation que le dichlorure perd 1^{mol} d'acide chlorhydrique. En effet, si dans l'action de la cétone sur PCl^5 on a soin que jamais la température ne s'élève au-dessus de 0°, on constate malgré cela un abondant dégagement de gaz chlorhydrique, puis le produit de la réaction ne perd plus d'acide s'il est bien lavé, bien neutralisé et distillé sous des vides variant de 150^{mm} à 20^{mm} de telle façon que la température ne dépasse pas 45°. Il donne dans ces conditions les deux chlorures mentionnés plus haut, et en particulier le dichlorure stable à la distillation sous pression normale.

L'explication de la formation du monochlorure éthylénique paraît plus compliquée que ne pensait Bruylants. Il est bizarre que le dichlorure perde à froid 1^{mol} d'acide chlorhydrique, d'autant plus qu'il est en présence d'une solution saturée en acide. Au contraire la réaction inverse semble probable. L'éthylénique chloré pourrait fixer HCl.

L'hypothèse de l'existence d'une forme énolique existant même en très faible quantité dans la cétone permettrait d'expliquer la formation directe de ce monochlorure. Un énol de la forme

$$C^2H^5 - CH^2 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} = CH^2$$

donnerait suivant l'équation

$$C^2H^5 - CH^2 - \underset{\displaystyle OH}{C} = CH^2 + PCl^5 = HCl + POCl^3 + C^2H^5 - CH^2 - CCl = CH^2$$

justement $C^3H^7 - CCl = CH^2$.

Il faudrait imaginer en outre qu'à l'équilibre il y a très peu d'énol, mais que la vitesse de rétablissement de l'équilibre ainsi que celle de la réaction sur l'énol sont grandes par rapport à celle de l'action sur le groupement cétone.

Les choses se passent de même façon avec l'aldéhyde œnanthylique ainsi qu'avec d'autres cétones; toutefois dans le cas de l'œnanthol il y a peu du dérivé éthylénique.

Le chlorure ainsi préparé $C^3H^7 - CCl = CH^2$ réagit sur l'amidure de sodium. La réaction est plus lente que dans le cas du bromure correspondant, mais conduit aussi au pentine vrai.

Le dichlorure $C^3H^7 - CCl^2 - CH^3$ réagit plus aisément. La réaction se poursuit en deux phases très nettes : d'abord il se forme le monochlorure précédent dont une petite partie est entraînée par l'ammoniac dégagé, puis, plus lentement, le pentine vrai parfaitement exempt de son isomère.

En aucun de ces quatre cas il ne se forme d'acétylénique substitué en quantité appréciable.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Variation de la composition des gaz spontanés des sources thermales avec les séismes.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. Charles Moureu.

En vue d'applications industrielles, on a été amené à capter les gaz spontanés qui se dégagent du massif archéen du mont Caroux (à Colombières, Hérault) dans des pegmatites à céricites et tourmalines.

Les captations sont de deux sortes : les unes sont constituées par de simples cloches placées au-dessus des sources d'eau minérale; les autres sont formées par des galeries horizontales à doubles parois avec joint hydraulique percées en plein massif.

Les gaz recueillis ont été analysés à plusieurs reprises par M. Lepape qui a déterminé la composition de l'*azote brut* pour différents griffons.

Cette composition s'est montrée assez variable, comme le prouvent les deux analyses ci-après rapportées :

Analyses de M. Lepape.

Azote pour 100, en volumes	70	91
Oxygène	27,5	6,9
Gaz rares (en bloc)	2,5	2
Argon	2,15	1,55
Hélium	0,35	0,45

Analyses de M. Crémieu.

Emanation du radium en curies $\times 10^{-9}$ par litre	2400	175

D'autre part, les nécessités industrielles obligent à doser chaque jour la teneur en CO^2 et en émanation du radium.

Les résultats de ces analyses, poursuivies depuis 1912, sont les suivants :

1° La teneur en CO^2 varie de 84 à 98 pour 100; et il n'existe aucune relation entre les variations de composition des gaz et celles des conditions atmosphériques, journalières ou saisonnières.

La seule relation apparente réside dans une diminution assez sensible de la teneur en CO^2 après de longues périodes de sécheresse. Mais cette variation est continue et ne présente aucun à-coup brusque (97,5 pour 100 CO^2 à 94,5 pour 100, d'octobre à décembre 1921).

2° La teneur en émanation du radium est sensiblement constante, quelles que soient les variations de teneur en CO^2.

La teneur moyenne a passé régulièrement de 8 millimicrocuries à 18 millimicrocuries par litre de gaz brut de 1912 à 1923.

Il y a un point qui restait profondément mystérieux, c'est la cause des variations brusques de teneur moyenne en CO^2.

Les différentes captations sont réunies, par une série de canalisations appropriées, à un réservoir de 5^{m^3} sur lequel un compresseur aspire nuit et jour, sans arrêt, envoyant le gaz dans un gazomètre de 100^{m^3}. Ce gaz est ensuite repris par des compresseurs à trois étages et liquifié, pendant 3 ou 4 heures de travail diurne de l'usine.

C'est sur les résultats des analyses quotidiennes des gaz du gazomètre que se manifestent les variations brusques que nous avons notées, depuis 1912, sans parvenir à nous les expliquer. Toutes causes d'erreur d'analyse, de rentrée d'air accidentelle par défaut d'étanchéité des tuyauteries ou galeries de captation ont été soigneusement éliminées.

Or, le 15 juillet 1923, un léger tremblement de terre a parcouru le littoral méditerranéen depuis Perpignan jusqu'à Montpellier; il a été ressenti à Lamalou et à Colombières même.

Le 16 juillet au matin, l'analyse des gaz du gazomètre a donné 89 pour 100 de CO^2, alors que le 15 on avait trouvé 96 pour 100.

D'ailleurs, la teneur en CO^2 ne s'est que très lentement améliorée, et ce n'est que le 22 juillet qu'on a retrouvé 95 pour 100.

J'ai, de suite, pensé qu'il pouvait exister une relation de cause à effet entre ces mystérieuses variations de composition des gaz naturels et les microséismes.

Au cours d'expériences de gravitation effectuées de 1908 à 1911, dans un laboratoire installé sur les schistes dévoniens qui surmontent le terrain archéen du massif du Caroux, j'avais été amené à constater que des variations de la verticale, allant de quelques centièmes de seconde à plusieurs secondes d'arc, se produisent très fréquemment dans les Cévennes méridionales [1].

Devant les constatations faites le 16 juillet 1923, j'ai installé un microséismographe du système que j'ai décrit dans les *Comptes rendus* de mai 1909, février et mars 1913. Cette installation, terminée le 24 juillet, m'a permis de constater toute une série de microséismes, qui sont allés en croissant en intensité jusqu'au 4 septembre 1923, soit 48 heures après le tremblement de terre de Yokohama, et qui ont été ensuite en diminuant d'intensité, jusque vers le 25 septembre.

En même temps, la composition des gaz naturels a présenté toute une série de variations brusques, passant, du jour au lendemain, de 94 à 86 pour 100 par exemple. La composition n'est redevenue stable que depuis le 25 septembre, où elle se maintient à 94 pour 100 CO^2.

En particulier, le séisme qui a été ressenti à l'île de Malte le 20 septembre, a été suivi d'un passage brusque de 94 à 89 pour 100 CO^2.

L'influence des séismes sur la composition des gaz spontanés me paraît donc probable.

Il se peut que les gaz du massif archéen du Caroux soient formés en partie de CO^2 provenant de la nappe d'eau minérale souterraine, relativement peu profonde, et en partie d'azote brut, c'est-à-dire d'un mélange d'azote et de gaz rares, provenant de couches beaucoup plus profondes.

Les séismes ont pour effet d'ouvrir des exutoires plus larges à cet azote brut, d'où les variations de composition en CO^2 du gaz naturel recueilli.

Le fait constaté de la diminution continue en CO^2 avec les longues sécheresses viendrait à l'appui de cette thèse, la nappe d'eau souterraine baissant certainement de niveau avec les sécheresses prolongées.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1161.

Un seul point demeure encore inexpliqué, c'est la constance de la teneur moyenne en émanation du radium des gaz, malgré les variations de teneur en CO^2 et aussi l'augmentation progressive, constatée depuis 11 ans, de cette teneur en émanation.

Le fait que, d'un griffon à l'autre, distants de quelques mètres à peine, on constate des changements considérables (6 à 57.10^{-9} curie), rend tout essai d'interprération très précaire.

En se basant sur la période de l'émanation du radium, et sur le débit en eau minérale, on trouve, par un calcul approximatif, que les sels radioactifs qui émettent cette émanation sont à une distance comprise entre 300^m et 3000^m des griffons. Mais il n'y a aucune raison plausible à invoquer pour expliquer que cette distance ait pu varier de manière à provoquer l'augmentation progressive signalée plus haut.

Les mêmes constatations ont été faites par d'autres observateurs, en plusieurs points du globe, en particulier par M. Lepape, à Luchon. C'est donc un phénomène assez général. Son explication pourrait permettre de simplifier la recherche des gisements radifères.

SCIENCE DES SOLS. — *Sur la limite d'accumulation de l'humus dans les sols, à propos d'observations sur des sols de la Nièvre.* Note de M. **V. Agafonoff**, présentée par M. Louis Gentil.

J'ai effectué, en septembre 1922, quelques excursions dans le département de la Nièvre en vue d'études sur les sols.

J'ai pu examiner de près dans la forêt environnant Champollement, parmi les ruines d'une ville gallo-romaine [1], les restes d'un mur construit avec la roche locale (grès hettangien).

Sous l'influence d'agents atmosphériques et biologiques il s'est formé, sur ce mur, un sol de 10^{cm} d'épaisseur. Sablonneux, brunâtre, rempli d'une grande quantité de racines peu décomposées, il se trouve directement superposé au grès hettangien.

L'analyse microscopique montre que ce sol est composé principalement de grains de quartz (diamètre moyen $0^{mm},018$); parfois, mais très rarement,

(1) M. Boniard, *Mémoire sur les ruines d'une ville gallo-romaine existant dans les forêts de Compière et de Saint-Reverein et terrains adjacents...* (Clamecy, 1842).

on peut y trouver de petits fragments d'orthose, de microcline, de zircon et de tourmaline. Presque tous ces grains sont entourés de matière organique brunâtre ou noire et parfois d'un ciment argilo-ferrugineux jaunâtre ([1]).

L'âge de ce sol ne peut dépasser 2000 ans puisqu'il est postérieur à la construction gallo-romaine.

Pour comparer les propriétés physiques et chimiques de ce sol d'origine récente avec celles de sols ordinaires, formés sur le même grès, j'ai prélevé des échantillons dans un pré à 300^m à l'ouest du mur en ruine.

Ce dernier sol, également sablonneux et brunâtre, renferme beaucoup moins de racines que le premier, et son épaisseur est deux fois et demi plus grande; on peut même le diviser en deux horizons : A (épaisseur : 10^{cm}; coloration plus foncée) et B (épaisseur : 15^{cm}; moins coloré); ce dernier horizon se trouve directement sur le grès hettangien.

Les plaques minces du sol de l'horizon A offrent presque la même composition minéralogique que celles du sol des ruines.

Les poids spécifiques *apparents* de ces deux sols sont presque identiques.

Le Tableau ci-dessous indique la richesse en humus de ces deux sols, formés sur la même roche pendant des durées de temps différentes : le premier pendant deux mille ans au maximum, le second pendant une période incomparablement plus longue.

			Méthode Simon au chromate d'argent.	
Prises d'essais.	Épaisseur.	Poids spécifique apparent.	Carbone p. 100.	Humus p. 100.
Sol formé sur un mur construit en grès hettangien dans les ruines gallo-romaines de la forêt de Champollement (Nièvre)........	Horizons A+B, 10^{cm}	1,415	1,7	2,92
Sol formé sur le même grès hettangien dans un pré, à 300^m du précédent. Horizon A (à 5^{cm} de la surface)......................	Horizon A, 10^{cm}	1,422	1,86	3,21
Le même sol. Horizon B (à 20^{cm} de la surface)....................	Horizon B, 15^{cm}	1,467	0,86	1,48

M. Rouprecht a proposé le premier de calculer l'âge absolu des *tchernozioms*

([1]) Les plaques minces du grès, sur lequel se formait ce sol, indiquent presque la même composition, mais les feldspaths ne sont pas si rares et la matière organique est absente.

en comparant la richesse en humus de ces sols avec celle des sols, peu épais, formés sur des « Kourganes » qui remontent à 600-800 ans (¹). Mais M. V. Dokoutchaïeff a démontré, depuis une quarantaine d'années, que cette méthode est inapplicable, parce que l'enrichissement en humus d'un sol a une limite, par suite de l'équilibre qui s'établit finalement entre l'accumulation des matières organiques et leur décomposition (²).

Comme on le voit par le Tableau ci-dessus, les quantités d'humus des deux sols étudiés sont presque les mêmes si l'on compare, comme on le fait toujours, le premier sol à l'horizon A du second. Il est évident que l'équilibre est déjà atteint ici pour une durée de 2000 ans au plus.

Il est certain que pour les sols d'autres types, qui se forment sous d'autres climats et sur d'autres roches-mères, cette limite d'accroissement de l'humus peut avoir lieu plus tôt ou plus tard que pour les sols nivernais dont l'étude fait l'objet de cette Note.

PALÉONTOLOGIE. — *Les Éléphants fossiles d'Angleterre : le Mammouth en Angleterre et dans la mer du Nord.* Note (³) de M. G. **Pontier**, présentée par M. Ch. Depéret.

Parmi les Éléphants fossiles des Iles Britanniques, le Mammouth (*Elephas primigenius* Blum.) est le plus abondant; c'est aussi celui dont la dispersion a été la plus grande et la survie la plus longue. On ne l'a pas rencontré jusqu'ici dans le Crag de Suffolk ni dans le Crag de Norwich. L'existence du Mammouth pré-glaciaire a même été longtemps mise en doute. Cependant des documents certains attestent sa présence dans le Forest-bed de Cromer. Sur la côte du Norfolk, on le rencontre associé à des espèces plus anciennes : *Elephas meridionalis* Nesti, *Elephas antiquus* Falconer, *Elephas trogontherii* Pohlig.

Certaines pièces d'*E. primigenius* sont indiquées de niveaux supérieurs, tels que le « Laminated blue clay », le « Boulder clay » et le « Drift », bien que quelques-unes, par leur incrustation ferrugineuse (Iron pan), pro-

(¹) On désigne sous le nom de « Kourganes », en Russie, de vastes tumulus de terre recouvrant des tombes anciennes.

(²) Voir V. Agafonoff, *Les tentatives de détermination d'âges des sols et des dépôts semblables* (*Matériaux d'études sur les sols russes*, 5ᵉ fasc., 1890, Pétrograd).

(³) Séance du 22 octobre 1923.

viennent certainement du Forest-bed. Telle la pièce 40699 (Brit. Mus.) qui avec les caractères de l'espèce, possède un émail plus épais, des extrémités de digitations plus nombreuses et une formule laminaire de $x - 22 - x$ qui en font un type légèrement archaïque; longueur conservée de la couronne $= 288^{mm}$ sur 66^{mm} de largeur; fréquence laminaire $= 8$ lames pour dix centimètres, comme chez le Mammouth typique.

D'autres pièces (Woodwardian Museum) montrent le revêtement ferrugineux du Forest-bed. Il en est de même dans la collection Savin, notamment une M^1 d'Overstrand, qui compte 11 lames sur 231^{mm} avec un émail plissé comme chez certains Mammouths du type italien et fréquence laminaire de 9 lames sur dix centimètres.

La formule dentaire pour les types du Forest-bed varie entre $x - 18 - x$ et $x - 22 - x$.

Le Mammouth passe dans le Laminated blue clay, sans y être commun. Tel le fragment de Lawford, près Rigby (Univ. d'Oxford) et les pièces de la collection S.-W. King, citées par Falconer [1]. La fréquence laminaire de ces pièces égale 8.

Poursuivant son évolution, l'*E. primigenius* se maintient dans toute l'étendue des formations tyrrhéniennes (terrasse de 30^m) associé à l'*E. trogontherii* Pohlig, à l'*E. antiquus* Falconer, à l'*E. priscus* Falconer non Goldfuss. Il est cité d'une foule de localités dont Leith-Adams donne la liste dans sa « Monographie ». Il est surtout commun dans la vallée de la Tamise (Ilford, Brentford) et les M de ce niveau ont une formule dentaire variant de $x - 19 - x$ (dent d'Ilford) à $x - 24 - x$ (dents de Crayford et de Brentford). Leur fréquence laminaire varie de 8 à 9.

A ce même niveau existe une *espèce naine* ne dépassant pas la taille de l'*E. melitensis* L. Ad. : c'est l'*Elephas primigenius* var. *Leith Adamsi* Pohlig qui a été retrouvée dans le nord de la France [2].

Le Mammouth type devient moins fréquent dans le niveau monastirien (terrasse 18^m-20^m) et va même bientôt disparaître. Mais alors apparaît la forme sibérienne, *E. primigenius* var. *sibiricus* avec formule dentaire variant entre $x - 24 - x$ et $x - 29 - x$.

Si le Mammouth se rencontre dans les éboulis de la côte anglaise avec les espèces plus anciennes, il est encore plus commun dans le détroit et la

(1) Falconer indique que les fragments de molaires de ce gisement dégagent, lorsqu'on en brûle un fragment, une odeur ammoniacale caractéristique due à la présence de matière organique.

(2) Pontier, *Sur l'existence de l'*Elephas primigenius *var.* Leith Adamsi *dans la région d'Arques* (*Ann. Soc. géol. du Nord*, 1922).

mer du Nord. Comme pièces intéressantes des côtes d'Angleterre, on peut citer deux M^3 d'un animal de petite taille, draguées au large de Felvetow (Collection Pontier). Elles ont une teinte brun chocolat comme certains fossiles du Crag, mais cette imprégnation est superficielle et laisse paraître quelques parties plus blanches. La formule dentaire $x - 18 - x$ est réduite par l'abrasion fort avancée; l'émail est très fin, les lames très serrées, la fréquence laminaire est de 9 pour la molaire inférieure coupée plus obliquement et de 10 pour la molaire d'en haut. C'est un caractère du type sibérien.

Il existe plus loin des côtes, de nombreux dépôts ossifères sous-marins : au Burying Ground, en face d'Ostende, au Dogger Bank, au nord de Dunkerque et dans le détroit du Pas de Calais. Une belle série de pièces draguées par les pêcheurs boulonnais a été réunie par Sauvage au Musée de Boulogne, où j'ai pu les étudier. Citons le n° 1380 : mandibule ramenée au chalut dans le détroit avec M_2 usagée n'ayant plus que 15 lames, un émail très fin et une fréquence laminaire de 10.

Le n° 2874 est une autre mandibule complète trouvée en face d'Ostende, entre West Hinder et North Hinder; elle provient d'un animal de moyenne taille et montre des restes de M_2, plus M_3 encore engagée dans l'alvéole, avec seulement 18 lames visibles, mais par le canal dentaire largement ouvert, on constate que la formule a dû dépasser $x - 24 - x$ lames. Longueur de la couronne : 10^{cm} sur 7^{cm} de large; fréquence laminaire : 11; émail très fin et non festonné.

Des molaires isolées offrent les mêmes caractères, telle une M_3 gauche, n° 1385, où il ne manque que deux lames plus le talon; émail peu épais, fréquence laminaire un peu supérieure à 9. De même encore le n° 7201 est une M inférieure droite draguée dans le Pas de Calais : longueur 13^{cm} sur $8^{cm},3$ de largeur et 15^{cm} de hauteur; 15 lames en fonction; fréquence laminaire : 10. Une autre M supérieure, n° 3185, draguée au nord de Galoper, couverte comme les pièces précédentes de serpules et de bryozoaires, présente une fréquence laminaire de 10. Je signalerai dans la même série, n° 1383, une belle défense de petite taille trouvée au banc Sapin, près Boulogne; sa courbe très spiralée indique le Mammouth sibérien.

La curieuse fréquence du Mammouth dans la mer du Nord s'explique peut-être par la submersion de troupeaux d'éléphants au moment de l'ouverture du détroit, ce qui daterait la transgression marine de la fin du Quaternaire? Peut-être aussi s'agit-il d'animaux noyés dans les fleuves et entraînés à la mer?

La migration du rameau sibérien en Europe a été assez tardive et

correspond au refroidissement général de nos contrées. MM. Depéret et Mayet [1] insistent sur ce point et établissent pour cette espèce à épaisse fourrure, un rameau spécial adapté à un climat rigoureux. La migration de ce rameau, en Angleterre a dû se faire en même temps, comme le prouve la présence de ce même type sibérien dans le Monastirien continental.

Quant à la forme type du centre de l'Europe, qui descend directement de la mutation archaïque de Cromer, elle était sur son déclin et en voie de s'éteindre, comme le rameau parallèle de l'*E. trogontherii,* à la fin du Tyrrhénien.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique de la nervation des feuilles.* Note de M. V. **Lubimenko** et Mme S. **Fichtenholz**, présentée par M. M. Molliard.

On considère ordinairement la nervation des feuilles comme un appareil conducteur destiné au transport de l'eau et des sels minéraux ainsi que des substances organiques élaborées par la feuille. Une forte perte d'eau par la transpiration a inspiré l'idée que la structure anatomique et le plus ou moins grand développement du réseau de la nervation du limbe est en rapport direct avec le transport d'eau vers la feuille. Grâce aux nombreuses recherches anatomiques sur les plantes aquatiques, hygrophytes et xérophytes, cette idée a pris la forme d'une notion élémentaire. Mais l'examen de la bibliographie physiologique nous montre que cette notion n'est nullement prouvée par les expériences appropriées. C'est pourquoi nous avons entrepris des recherches physiologiques sur le fonctionnement de la nervation.

Tout d'abord, nous nous sommes proposé de déterminer expérimentalement le rapport qui existe entre le développement du réseau de la nervation et le transport de l'eau dans le limbe de la feuille. Dans ce but, nous avons fait une série d'expériences sur les feuilles des arbres et arbrisseaux, pendant la période la plus chaude et la plus sèche de l'été, en coupant les nervures principales à la base du limbe. Nous avons voulu déterminer par cette méthode le diamètre minimum des voies conductrices nécessaire à l'alimentation normale du limbe. L'opération a été faite sur un grand nombre de feuilles appartenant aux espèces suivantes : *Acer platanoides*, *Æsculus Hip-*

---

(1) Ch. Deperet et L. Mayet. *Les Éléphants pliocènes d'Europe et de l'Afrique du Nord* (*Annales de l'Université de Lyon*, 1923, 11 planches, 72 figures).

pocastanum, *Cornus Mas*, *Philadelphus coronarius*, *Rubus Idœus*, *Rubus odoratus*, *Salix Caprea*, *Sambucus racemosa*, *Syringa vulgaris*, *Tilia parvifolia*, *Ulmus effusa*, *Polygonum Sacchalinense*.

Les feuilles opérées perdaient tout de suite l'orientation normale du limbe qui restait suspendu verticalement. Dans beaucoup de cas le vent déchirait le tissu parenchymateux et arrachait les feuilles. Mais un grand nombre de feuilles opérées sont restées attachées de 3 à 8 semaines sans perdre leur turgescence et l'aspect normal. L'examen anatomique a montré que la surface de la section transversale des voies conductrices peut être diminuée. sans danger pour le limbe, chez l'*Acer platanoides* à $\frac{1}{12}$, chez l'*Æsculus Hippocastanum* à $\frac{1}{16}$, chez le *Salix Caprea* à $\frac{1}{44}$.

Il est intéressant de noter aussi qu'à l'automne ces feuilles opérées commençaient à jaunir en même temps que les feuilles normales. C'est seulement chez le *Polygonum Sacchalinense* que nous avons constaté le jaunissement précoce chez les feuilles opérées. Si l'on coupe les nervures chez les jeunes feuilles, on constate pour certaines espèces, par exemple pour le *Rubus odoratus*, l'interruption ou le ralentissement de la croissance du limbe; chez d'autres espèces, par exemple chez l'*Acer platanoides*, la croissance se produit normalement.

Après avoir constaté par ces expériences préliminaires que le transport d'eau ne joue pas le rôle principal dans le fonctionnement de la nervation nous avons entrepris de nouvelles recherches dans la même direction.

Mme Fichtenholz a cultivé dans des pots ordinaires *Silene noctiflora*, *Plantago lanceolata*, *Lychnis chalcedonica*, *Campanula rapunculoides*, *Hordeum vulgare* et *Avena sativa*. Les plantules obtenues par la germination des graines de chaque espèce ont été divisées en trois lots. Chez les plantes du premier lot, on coupait à la base du limbe les principales nervures de toutes les feuilles jeunes au fur et à mesure de leur apparition; chez les plantes du second lot les feuilles ont été alternativement opérées et laissées intactes. Si le limbe de la feuille opérée s'allongeait, l'endroit opéré se trouvait porté vers le milieu de la longueur du limbe, alors on faisait une nouvelle coupure à la nouvelle base. Enfin, le troisième lot servait de témoin.

Au bout de trois mois les plantes, portant en ce moment des fleurs et des fruits, ont été enlevées du sol. L'examen détaillé a montré que le développement normal de la plante n'est nullement entravé par la rupture de la communication directe entre la feuille et la tige qui se fait habituellement par les nervures principales.

L'influence de cette rupture se manifeste seulement par l'amoindrissement de la production de la substance sèche.

Voici le poids sec moyen d'une seule plante obtenu à la fin de l'expérience :

	Plantes témoins.	Plantes opérées — Moitié des feuilles.	Plantes opérées — Toutes les feuilles.
Lychnis chalcedonica	3g,25	3g,28	3g,15
Plantago lanceolata	2,37	2,08	2,20
Campanula rapunculoides	3,66	3,98	1,92
Silene noctiflora	2,26	2,10	1,54
Hordeum vulgare	1,37	0,65	0,71
Avena sativa	1,57	0,76	0,77

On voit par ces chiffres que, même chez les plantes dont toutes les feuilles ont été opérées, la diminution de la substance sèche ne dépasse pas 50 pour 100 et elle est très faible chez certaines espèces.

Il est intéressant de noter que, dans la plupart des cas, les feuilles opérées à l'état jeune atteignent leur grandeur normale ; c'est seulement chez le *Campanula ranunculoides* que les limbes des feuilles opérées sont restés plus petits que ceux des feuilles normales.

Enfin, l'analyse a montré que la proportion d'eau renfermée dans les tissus vivants des plantes opérées est un peu plus grande qne chez les plantes témoins.

Des résultats de toutes ces expériences, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le rôle physiologique de la nervation des feuilles consiste, en premier lieu, à servir de soutien mécanique au limbe; aussi la mutilation d'une nervure principale produit immédiatement une orientation anormale du limbe.

2° Le transport des substances organiques joue un rôle moins important dans le fonctionnement de la nervation; la diminution de la production totale de substance sèche par suite de la mutilation de toutes les nervures principales ne dépasse pas 50 pour 100. C'est surtout le développement du système radiculaire qui se trouve entravé dans ce cas.

3° Enfin le transport d'eau n'occupe que la troisième place dans le fonctionnement de la nervation ; c'est pourquoi l'affluence normale de l'eau dans le limbe n'est nullement arrêtée quand on isole même complètement les voies conductrices principales du limbe de celles de la tige.

Il est très probable que, chez les espèces de différents types biologiques et dans les diverses conditions extérieures, le rapport entre ces trois fonctions de la nervation change, mais c'est seulement par l'expérience directe qu'on peut déterminer le sens de ce changement.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la formation du glucose aux dépens de l'alanine et des acides lactique et pyruvique.* Note de MM. **E. Aubel** et **R. Wurmser**, présentée par M. Henneguy.

Les travaux de Graham Lusk, de Ringer, de Dakin ont montré que, chez le Chien phloriziné, l'alanine et l'acide lactique donnent sensiblement leur poids d'extra-glucose, tandis que l'acide pyruvique donne des quantités inférieures, et d'ailleurs variables, de cet hydrate de carbone. On interprète ordinairement ces faits en disant que l'alanine, l'acide lactique, l'acide pyruvique se sont transformés dans l'organisme en glucose. On sait, d'autre part, qu'une certaine quantité d'hydrates de carbone ou de corps glycoformateurs est nécessaire pour empêcher la formation de corps cétoniques au cours de la combustion des graisses. L'alanine, l'acide lactique, l'acide pyruvique sont des anticétogènes. Nous pouvons donc admettre, si l'hypothèse classique est exacte, que ces corps agissent en se transformant en glucose : dans ce cas, nous devons nous attendre à trouver que l'alanine et l'acide lactique peuvent être substitués à poids sensiblement égal à du glucose, et l'acide pyruvique, à poids plus élevé, pour empêcher l'acétonurie, de même que, dans les expériences sur les Chiens phlorizinés, ils peuvent être substitués à un hydrate de carbone pour donner de l'extra-glucose. Nous avons cherché à vérifier cette manière de voir.

Nous avons fourni à des sujets, pour toute alimentation, pendant la durée des expériences qui s'étendait sur une période de deux semaines environ, le coagulum de 3¹ de lait, c'est-à-dire 100g d'albumine et 100g de graisse, auquel on ajoutait des quantités variables soit de glucose, soit d'alanine, soit d'acide lactique, soit d'acide pyruvique (sous forme de sel de sodium). On cherchait pour quel taux de chacun de ces corps apparaissait l'acétonurie.

Les résultats exprimés en grammes ont été les suivants :

Glucose	23	25	24	23	25	25	24	25	23	25
Acide lactique	25	27	28	24	25	27	27			
Alanine	26	27	27							
Acide pyruvique	35	30	32	40	30	35	30	30		

Ainsi 92 pour 100 de l'alanine et de l'acide lactique se sont transformés en glucose, tandis que, dans les cas les plus favorables, cette transformation n'a porté que sur 80 pour 100 d'acide pyruvique.

Cherchons maintenant à interpréter ces résultats. Les transformations effectuées peuvent être représentées par les équations globales suivantes :

$$2CH^3.CHOH.COOH = C^6H^{12}O^6,$$
$$2CH^3.CH.NH^2.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + 2NH^3,$$
$$2CH^3.CO.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + O^2.$$

Nous ne connaissons pas les affinités de ces réactions, mais nous pouvons, en première approximation (¹), raisonner sur les données thermochimiques. Les deux premières transformations évoluent avec une absorption, relativement faible, de 34000 et de 67000 calories. La réduction de l'acide pyruvique correspond au contraire à l'absorption de 150000 calories environ. Tous ces corps, introduits dans l'organisme, peuvent ou bien brûler simplement, ou être réduits par couplage avec l'oxydation d'une certaine quantité de graisses ou de dérivés des graisses. La relation connue entre la probabilité d'une transformation et la diminution d'énergie libre qui lui correspond nous indique que les molécules d'acide pyruvique auront plus de chance d'être oxydées suivant une combustion ordinaire que les molécules d'acide lactique et d'alanine. D'où le plus grand poids d'acide pyruvique nécessaire pour produire une même quantité de glucose.

D'importantes conséquences résultent de la nécessité du couplage. Si nous admettons que celui-ci est purement chimique, c'est-à-dire se fait de molécule à molécule suivant le type :

$$\begin{cases} 2CH^3.CO.COOH + 2H^2O = C^6H^{12}O^6 + O^2, \\ A + O^2 = AO^2, \end{cases}$$

on trouve que l'alanine, l'acide pyruvique et l'acide lactique ne peuvent pas être transformés directement en glucose et les stades intermédiaires pourront être déduits de bilans complets à la fois chimiques et thermiques, c'est-à-dire de la détermination des rendements. Inversement, si ces bilans mettaient en évidence des couplages incompatibles avec l'hypothèse d'un mécanisme purement chimique, il faudrait conclure à l'existence, chez tous les êtres, de mécanismes semblables à ceux qui rendent possible la vie autotrophe (²). Nous poursuivons actuellement nos recherches à ce point de vue.

(¹) R. Wurmser, *Bull. Soc. Chim. biol.*, t. 5, 1923, p. 506-528.
(²) *Loc. cit.*

PSYCHO-PHYSIOLOGIE. — *Sur la psycho-physiologie des phénomènes visuels chez les animaux.* Note de MM. **A. Quidor** et **Marcel-A. Hérubel**, présentée par M. Bouvier.

La vision chez les animaux paraît comprendre, comme chez l'homme, des phénomènes physiologiques et des phénomènes psychiques. Les premiers déterminent la formation d'images rétiniennes qui provoquent dans les centres nerveux céphaliques la formation d'images cérébrales. C'est par l'interprétation psychique de ces dernières que l'animal connaît les êtres et les choses qui l'entourent.

Lorsque le nerf optique se divise (chiasma optique), comme chez l'homme, en deux branches aboutissant l'une et l'autre à un hémisphère cérébral, chaque image rétinienne provoque la formation d'une image cérébrale dans chaque hémisphère. L'animal peut alors éprouver des sensations de relief dues, comme chez l'homme, à l'interprétation psychique des deux cérébrales perçues par chaque hémisphère; c'est du moins ce que nous avons montré dans une Note publiée ici même (juillet 1923).

Quand, au contraire, le nerf optique ne subit aucune division, comme chez les poissons, chaque hémisphère ne perçoit qu'une image cérébrale et la sensation de relief ne peut être obtenue comme précédemment. Elle est due alors à l'interprétation psychique des images cérébrales provoquées par les images rétiniennes qui se font successivement sur chaque *fovea* lorsque l'animal se déplace. La vitesse relative du déplacement des différents points de l'espace, dans le champ visuel, est en effet fonction de la distance de ces points à l'œil de l'animal. C'est ainsi, par exemple, que le poisson se déplace autour de l'objet qui excite sa curiosité pour en connaître la forme.

Chez les Arthropodes la perception du relief paraît due, comme chez l'Homme, à l'interprétation psychique des images cérébrales provoquées par les différentes images rétiniennes fournies par un même objet. L'expérience suivante paraît le prouver.

Un test d'oursin préparé par Joseph Jézéquel contient une ampoule électrique qui fonctionne comme source lumineuse. Quatre clichés de cet oursin, mesurant 2^{cm} sur 2^{cm}, sont pris sous des incidences différentes : deux dans un plan vertical, deux dans un plan horizontal. Ces derniers correspondent à deux positions symétriques de l'objectif par rapport au plan vertical.

Les images conjuguées ainsi obtenues sont placées devant chacun des yeux de l'observateur, les deux horizontales devant l'œil droit, les deux verticales devant l'œil gauche. Ces images sont vues au travers de quatre prismes stéréoscopiques groupés par deux (deux devant l'œil droit, deux devant l'œil gauche) et dont l'arête commune est verticale. Cette disposition permet à l'observateur de recevoir deux images rétiniennes sur chaque *fovea;* après avoir examiné les deux prismes du côté droit, puis les deux prismes du côté gauche et avoir ainsi obtenu successivement une image en relief de l'oursin avec l'œil droit, puis avec l'œil gauche, l'observateur ouvre les deux yeux. Il perçoit alors une seule image en relief de l'oursin, mais cette image est mieux définie que précédemment.

Il en est ainsi, sans doute, chez les Arthropodes qui ont des yeux composés ou des ocelles multiples et la fusion psychique des cérébrales dues, chez ces animaux, aux rétiniennes d'un même objet leur permet d'en mieux connaître la forme.

En résumé les perceptions visuelles sont des phénomènes psycho-physiologiques. Elles sont dues, aussi bien chez l'homme que chez les animaux, à la structure de l'appareil visuel, et aux données acquises sur le monde extérieur par l'exercice des autres sens.

EMBRYOGÉNIE. — *Fécondation des œufs utérins de* Rana fusca *et de* Bufo vulgaris *après immersion dans l'eau ou dans les solutions aqueuses de* Na Cl. Note de M. **H. Barthélémy**, présentée par M. Henneguy.

Les œufs nus de Batraciens, même immergés dans le sperme, ne sont jamais fécondés. La gangue de mucine qui entoure normalement les œufs mûrs utérins est indispensable pour la pénétration des spermatozoïdes. Cette enveloppe muqueuse peu épaisse sur les œufs prélevés dans les utérus se gonfle rapidement dans l'eau ou dans les solutions salines aqueuses et semble alors former un obstacle à la fécondation. « La pénétration des spermatozoïdes est enrayée », disent les auteurs qni se sont occupés de la question. Il était intéressant de rechercher les causes de cette panne dans les phénomènes de la fécondation. Est-elle due à l'œuf rendu inerte et réfractaire, ou à la gangue devenue impénétrable par l'immersion dans les liquides, ou faut-il rechercher les raisons de ces troubles dans l'inhibition de l'activité du spermatozoïde?

Les recherches de E. Bataillon ont prouvé que pour *Rana fusca* la pénétration

des éléments sexuels mâles dans l'œuf vierge utérin normal se fait en moins de 10 minutes. Dans une étude sur l'activation de l'œuf, le même savant laisse au contact permanent des œufs utérins de grenouille rousse avec des spermes salés de l'espèce aux concentrations de 7, 6, 5 et 4 pour 1000 de NaCl dans l'eau. Il ne se produit pas de fécondation, mais elle peut se faire au retour à l'eau. Ce résultat expérimental laisse supposer que la non-fécondation est imputable en grande partie sinon en totalité aux spermatozoïdes. Pour le prouver, mon protocole expérimental fut le suivant : des œufs utérins vierges de *Rana fusca* ou de *Bufo vulgaris* sont immergés dans l'eau ordinaire ou dans des solutions de NaCl dans l'eau aux concentrations de 2, 4, 7 pour 1000 et pendant des temps variant de 1 heure à 4 heures et demie. Puis le liquide est rejeté et les lots sont fécondés soit avec du sperme à l'eau (liquide spermatique dans l'eau ordinaire), soit avec du sperme au sel (sperme dans l'eau salée par le NaCl à 1,5 ou 2 pour 1000).

Dans une Note antérieure [1] j'ai indiqué que, dans l'eau ordinaire ou dans l'eau distillée aérée, les spermatozoïdes de Grenouille rousse ou de Crapaud conservent relativement peu de temps (environ 3 heures) leur mobilité et leur pouvoir fécondant ; les mouvements diminuent progressivement pour finalement devenir nuls. Au contraire, dans les solutions salées isotoniques à 1,5, 2 ou 2,5 pour 1000 de NaCl, l'activité du sperme est beaucoup plus grande et dure beaucoup plus de temps. Même, les mouvements inhibés par les solutions salines plus concentrées reprennent après dilution du liquide aux teneurs précédentes.

Si avec la Grenouille rousse les expériences effectuées en fin de saison ne furent pas aussi démonstratives que celles faites avec le Crapaud, on peut néanmoins dégager de ces recherches les conclusions suivantes vérifiées par l'examen macroscopique et par l'étude cytologique :

1° La gangue des œufs de Grenouille rousse et de Crapaud hydratée et gonflée par l'eau ou par les solutions aqueuses de NaCl à 2, 4, 7 pour 1000 n'est pas un obstacle insurmontable à la fécondation. Elle est traversée si le spermatozoïde a conservé sa mobilité suffisamment de temps. Le sperme à l'eau arrive parfois à traverser la gangue hydratée et provoquer soit quelques segmentations régulières en 2, soit des sillons multiples, indice d'une polyspermie décelée par l'examen macroscopique et par l'étude cytologique. Le même sperme au sel donne un rendement bien supérieur en segmentations en 2.

Le liquide spermatique provenant d'organes génitaux surmatures (mâles de fin de saison) et renfermant des éléments très peu mobiles traverse difficilement et souvent incomplètement la gangue hydratée. Quelques rares œufs seulement sont activés et sont polyspermiques.

2° Il est intéressant de constater que les œufs qui ont été immergés dans

(1) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 654.

le sel à 2 pour 1000 donnent toujours à la fécondation un pourcentage supérieur de segmentations régulières et d'embryons. Ce résultat peut être attribué au Na Cl que la gangue retient et qui fournit un excitant à la mobilité des spermatozoïdes traversant cette gangue.

3° Pour une même température, le sperme au sel traverse plus rapidement et provoque plus vite la fécondation et la segmentation de l'œuf que le sperme correspondant à l'eau. A température égale la pénétration de la gangue hydratée par le spermatozoïde se fait en un temps variable (2 à 3 heures), suivant le degré d'hydratation et surtout suivant la mobilité de l'élément mâle.

4° Il est important de signaler que dans toutes ces expériences, aussi bien sur les œufs à gangue hydratée que sur les œufs utérins normaux, les spermatozoïdes arrivés à leur limite de mobilité provoquent une polyspermie plus ou moins intense.

MICROBIOLOGIE. — *Le microbe de l'agalaxie contagieuse et sa culture* in vitro. Note de MM. **J. Bridré** et **A. Donatien**, présentée par M. Roux.

Celli et de Blasi ont montré que le virus de l'agalaxie contagieuse des brebis et des chèvres traverse certains filtres (bougies Berkefeld, Silbersmith). Le fait a été confirmé par Carré et d'autres expérimentateurs. Les tentatives bactériologiques et histologiques des divers auteurs pour mettre en évidence et pour cultiver l'agent spécifique sont restées infructueuses.

Les recherches que nous avons entreprises récemment ont fourni des résultats plus heureux. La culture du virus agalactique a été réalisée dans les conditions que nous allons rapporter et cette culture a permis de voir le microbe de l'agalaxie contagieuse.

La culture. — Du liquide d'arthrite spécifique, prélevé chez un mouton, fut dilué immédiatement, dans la proportion de 3 pour 100 environ, dans de l'eau physiologique, citratée à 1 pour 100. Cette dilution virulente servit à ensemencer divers milieux liquides. Après huit jours de séjour à l'étuve à 37°, une culture était évidente dans certains tubes renfermant du bouillon-sérum (bouillon de mouton, 2 à 4 parties + sérum de cheval tyndallisé, 1 partie). L'examen microscopique ne permit de déceler aucun microbe banal. Partant de cette première culture, des ensemencements furent pratiqués en série. Le développement du germe était de plus en plus précoce à mesure que cette série s'allongeait. Onze repiquages ont été réalisés

à l'heure actuelle et la culture se manifeste déjà 36 heures après l'ensemencement.

Le germe pousse également à l'abri ou au contact de l'air. Quand le bouillon-sérum est ensemencé avec I ou II gouttes de culture sans que le tube soit agité, le développement du germe s'effectue sur place et il se forme un léger nuage en anneau qui s'élargit à mesure que la culture progresse mais qui n'a pas tendance à se sédimenter. Dans les tubes où le bouillon-sérum est recouvert d'une couche d'huile de vaseline, ce nuage se forme immédiatement au-dessous de la couche isolante, gagne en profondeur et finit par occuper tout le milieu.

Le bouillon de mouton a pu être remplacé sans inconvénient par du bouillon de veau.

Une culture a été obtenue en ensemençant II gouttes d'une dilution étendue de lait virulent.

Les preuves de la culture en série du virus agalactique sont fournies par les expériences suivantes :

1° Un demi-centimètre cube de la septième culture inoculé dans l'articulation du genou d'un mouton provoque l'apparition d'une arthrite en quatre jours. S'il s'agissait d'une simple dilution du virus initial, étant donné notre mode d'ensemencement par II gouttes de culture dans 10^{cm^3} de milieu, la septième culture représenterait une dilution du virus initial dans la proportion de 1 pour 3×10^{14}. Or, du virus fraîchement recueilli, dilué dans cette proportion et inoculé dans les mêmes conditions, s'est montré inactif.

2° Deux chèvres inoculées sous la peau, au même moment, l'une avec 1^{cm^3} de la septième culture, l'autre avec 1^{cm^3} de dilution à 3 pour 100 de virus frais, ont présenté, toutes deux, une mammite spécifique huit jours après l'inoculation.

Le microbe. — Un étalement sur lame de la 10e culture au début de son développement a été coloré par la méthode lente de Giemsa, après fixation au colorant de May-Grünwald. L'examen microscopique de cette préparation révèle la présence d'un très fin microbe de 2^{μ} à 5^{μ} de longueur, coloré en violet, se présentant sous divers aspects, les formes courtes plus ou moins incurvées ressemblant à des vibrions, les formes longues, ondulées, ayant assez nettement l'apparence de spirochètes. L'examen ultra-microscopique montre qu'il s'agit d'un microbe mobile.

Certains éléments présentent à une extrémité un granule fortement coloré; à mesure que les cultures vieillissent, des granules semblables apparaissent en grand nombre et affectent l'apparence de petits cocci.

D'autres individus, examinés après coloration, offrent un aspect granuleux. Cet aspect se retrouve à l'ultra-microscope; on a alors l'impression d'une chaînette formée d'éléments arrondis.

Il est curieux de remarquer que le microbe que nous venons de mettre en évidence se rapproche par son mode de culture, et même par son aspect sous le microscope, du microbe de la péripneumonie contagieuse, le premier virus filtrable qui ait été cultivé et dont la culture fut réalisée par Nocard et Roux, en collaboration avec Borrel, Salimbeni et Dujardin-Beaumetz.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Sérothérapie contre la gourme du cheval.* Note de MM. **Brocq-Rousseau**, **Forgeot** et **Urbain**, présentée par M. E. Roux.

Sans préjuger de la nature exacte de la gourme du cheval, tous les auteurs qui se sont occupés de cette maladie ont cherché à agir sur l'agent que l'on rencontre toujours dans les complications graves, c'est-à-dire contre le streptocoque de Schutz, que nous avons démontré être très différent de tous les autres streptocoques de l'homme et des animaux.

Il est connu que l'immunisation du cheval contre ce microbe est rendue difficile en raison des accidents fréquents en cours d'immunisation. Pour éviter ces accidents, nous avons essayé de produire un sérum actif, en utilisant comme antigène des microbes tués par l'alcool-éther. Le sérum ainsi obtenu contient un taux élevé d'anticorps; il donne dans la pratique des résultats déjà très appréciables; mais il n'a qu'un faible pouvoir protecteur vis-à-vis de l'infection expérimentale des petits animaux de laboratoire.

Nous avons alors associé à cet antigène mort, un antigène vivant constitué par des cultures sur gélose de streptocoque gourmeux. On injecte d'abord pendant 10 jours successifs un mélange d'antigènes tués par l'alcool-éther; puis, le mois suivant, l'antigène alcool-éther alternant avec des microbes vivants atténués par la chaleur; ensuite un mois après, l'antigène alcool-éther alternant avec des microbes de moins en moins atténués, jusqu'à ce qu'on arrive à injecter des cultures vivantes non atténuées.

Nous avons pu obtenir par ce procédé un sérum protégeant les petits animaux. Voici un exemple de son activité :

Le 9 juillet 1923, on répartit 30 cobayes en trois lots.

Premier lot. — Dix cobayes reçoivent sous la peau une culture de streptocoque gourmeux aux doses suivantes : 1^{cm^3}, $1^{cm^3},5$, 2^{cm^3}, et les sept autres $2^{cm^3},5$. Ces sept derniers cobayes meurent en 12 heures; celui qui a reçu 2^{cm^3} meurt en 20 heures; les deux premiers résistent, la dose étant en dessous de la dose mortelle.

Deuxième lot. — Dix cobayes reçoivent sous la peau 2^{cm^3} de sérum normal de cheval, et le lendemain 2^{cm^3} d'une culture de 24 heures en bouillon sérum, tuant un cobaye de même poids en 18 heures, à la dose de 2^{cm^3}. Neuf de ces cobayes sont morts en 18 heures, le dixième est mort en 20 heures.

Troisième lot. — Dix cobayes reçoivent 2^{cm^3} de notre sérum antigourmeux. Le lendemain trois cobayes reçoivent sous la peau 2^{cm^3} de la même culture qui a tué les animaux précédents; trois autres en reçoivent 3^{cm^3}; deux autres 4^{cm^3} et les deux derniers 5^{cm^3}. Cette expérience ayant été faite le 10 juillet, un seul cobaye mourut le 18 avec des streptocoques dans les organes, donc avec une survie de 8 jours; tous les autres animaux résistèrent. Le sérum s'est donc bien montré actif contre des doses allant jusqu'à deux fois et demi la dose mortelle.

Nous ferons remarquer que la souche du streptocoque inoculé aux animaux comme souche mortelle n'a jamais servi à immuniser les chevaux producteurs de sérum.

Ce sérum s'est montré efficace dans la pratique. Depuis plus d'une année, les vétérinaires des annexes et des dépôts de remonte de l'armée s'en servent, et ils paraissent lui reconnaître des propriétés curatives certaines dans les complications graves de la gourme.

A $15^h 25^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

É. P.